

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การทอผ้าพื้นเมืองและผ้าตัวอย่าง

2.1.1 ผ้าทอพื้นเมือง

ประวัติเกี่ยวกับการผ้าทอพื้นเมืองในประเทศไทย นักประวัติศาสตร์เชื่อว่าน่าจะมามีวิวัฒนาการมาแล้วไม่น้อยกว่า 2000 ปี ก่อนคริสตกาล หรือประมาณ 4000 กว่าปี (บริษัท ไทยประกันชีวิต จำกัด. 2545)

เนื่องจากการขาดค้นพบหลักฐานเกี่ยวกับการผลิตผ้าในหลาย ๆ ที่ทั่วทุกภาคของประเทศ แต่เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่อยู่ในเขตร้อน ทำให้ชาวไทยในสมัยโบราณมีการใช้ผ้าในชีวิตประจำวันน้อย การใช้ผ้าที่มีการทออย่างวิจิตร สวยงาม จึงกระทำเมื่อมีวาระพิเศษเท่านั้น

ผ้าทอพื้นเมืองในประเทศไทยมีความหลากหลายแตกต่างกันทั้งชนิดเส้นใย และรูปแบบผ้าที่ทอไปตามวัฒนธรรม อารยธรรมของแต่ละท้องถิ่น แต่ละภูมิภาค บางท้องถิ่นเช่นแถบภาคอีสานนิยมทอผ้าไหม ภาคกลางนิยมทอผ้าฝ้าย เป็นต้น แต่สภาพปัจจุบันมีการนำเส้นด้ายจากใยประดิษฐ์มาใช้แทนเส้นด้ายใยธรรมชาติเหล่านี้มากขึ้น เนื่องจากมีราคาต่ำ ย้อมสีง่าย และมีความเรียบ สม่่าเสมอมากกว่า

เนื่องจากผ้าทอพื้นเมืองทอจากเครื่องทอพื้นบ้านอย่างง่าย ที่มีมีโครงสร้างใช้งานไม่เกินสามตะกอก ดังนั้นโครงสร้างผ้าหลักของผ้าทอพื้นเมืองไทยทุกชนิดจึงเป็นโครงสร้างแบบลายซัดหรือไม่มีโครงสร้างตะแยงแบบ 2/1 แล้วจึงทำการจกหรือขีดเส้นด้ายที่ต้องการให้เป็นลวดลายเพิ่มเติมหรือไม่มีใช้วิธีย้อมสีด้ายพุ่งหรือด้ายยืนแล้วสอดซัดกันให้เป็นลวดลาย การแบ่งแยกชนิดผ้าทอพื้นเมืองจึงนิยมแบ่งตามชนิดหรือลักษณะลวดลายที่ปรากฏให้เห็นเป็นหลัก เช่น ผ้าขีด ผ้าจก ผ้ายกดอก ผ้าลวงหรือผ้าลายน้ำไหล และผ้ามัดหมี่ เป็นต้น งานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผ้าทอพื้นเมืองที่ได้จาก โครงการการรวบรวมข้อมูลทางด้านกรรมวิธีการผลิตผ้าทอพื้นเมืองไทยฯ (ศักดิ์ น้อยจันทร์, และคณะ. 2544) เป็นข้อมูลในการนำไป

กำหนดความหนาแน่นของเส้นด้ายพุ่ง โดยกำหนดไว้ที่ 40-120 เส้นต่อนิ้ว (15-48 เส้นต่อ เซ็นติเมตร) และกำหนดโครงสร้างผ้าที่เครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กต้นแบบสามารถทำงานได้คือ โครงสร้างที่ใช้จำนวนตะกอลายซ้ำไม่เกิน 5 ตะกอ ซึ่งครอบคลุมลายทอผ้าพื้นเมืองที่ใช้กัน โดยทั่วไป

2.1.2 ผ้าตัวอย่าง

ในการผลิตผ้าทุกชนิด ต้องมีการนำเสนอชิ้นผ้าตัวอย่างให้กับลูกค้าพิจารณาก่อนเสมอ เนื่องจากลูกค้าต้องการเห็นผ้าด้วยสายตารวมทั้งการสัมผัสด้วยตนเอง หากลูกค้าพอใจก็จะเกิดการสั่งผลิตหรือสั่งซื้อตามมา นอกจากนี้แล้ว การออกแบบผลิตผ้าใหม่ ๆ ก็เป็นหน้าที่ของโรงงานหรือบริษัท ที่จะต้องทำ หากรอลูกค้าสั่งอย่างเดียว จะตอบสนองความต้องการได้ช้าเนื่องจากไม่มีข้อมูลในการผลิตเก็บไว้ ดังนั้นจะเห็นว่ามีมีการทอผ้าหรือผลิตผ้าตัวอย่างออกมาหลากหลายคุณลักษณะ แล้วนำไปตัดเป็นชิ้น ๆ หรือ รวบรวมไว้เป็นชุด ๆ หรือเป็นสมุดเพื่อนำเสนอ และขายให้กับลูกค้าที่สนใจ โดยเฉพาะผ้าสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าสำเร็จรูป

ชิ้นผ้าตัวอย่างที่รวบรวมเป็นสมุด โดยปกติจะมีขนาด กว้างประมาณ 3.75 นิ้ว(10 ซม.) และยาวประมาณ 5.5 นิ้ว(15 ซม.) รวบรวมไว้เป็นเล่ม ดังแสดงในภาพที่ 2-1 เพื่อให้ลูกค้าจับดูเนื้อผ้าและเห็นสีจริง ๆ ว่าถ้าสั่งซื้อผ้าแล้วเนื้อผ้าจะเป็นอย่างไร จะมีสีแบบใด เพราะใน catalog จะมีสีรหัสผ้า ถ้าลูกค้าต้องการที่จะสั่งซื้อสินค้า ก็สามารถติดต่อสั่งซื้อได้ โดยบอกรหัสสินค้าที่ติดอยู่ที่หน้าผ้าใน catalog ก็สามารถที่จะสั่งซื้อได้ โดยไม่จำเป็นต้องไปที่หน้าร้าน



ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างผ้าแบบชิ้นและสมุดตัวอย่างผ้า

(<http://www.atailoredsuit.com/order-fabric-swatch-tailored-suit.html>, 2014.)

สำหรับชิ้นตัวอย่างอีกแบบเป็นชิ้นผ้าขนาดเท่าผ้าผลิตจริง มีไว้สำหรับให้ผู้ที่ต้องการนำไปตัดเย็บเป็นต้นแบบสินค้า แบบนี้ขนาดตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับสินค้าที่จะผลิต ปกติหน้ากว้าง 48 นิ้ว ยาวตั้งแต่ 1.5 หลาขึ้นไป สำหรับเครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กผู้วิจัยต้องการออกแบบให้ใช้ทอผ้าพื้นเมืองตัวอย่างเพื่อนำไปใช้เป็นตัวอย่างในสมุดตัวอย่างผ้า จึงกำหนดให้หน้ากว้างผ้าไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว

2.2 เครื่องทอผ้าและส่วนประกอบ

เครื่องทอผ้ามีประวัติการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ มีทั้งเครื่องช่วยทอง่าย ๆ จนกระทั่งเครื่องจักรที่ทันสมัยเทคโนโลยีซับซ้อน แต่หลักการทอผ้ายังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากหลักการทอผ้าพื้นฐานทั่วไป คือ การแยกเส้นเส้นด้ายยืนเป็นสองชุด แล้วสอดเส้นด้ายพุ่งเข้าไปขัด จากนั้นกระทบเส้นพุ่งให้ขัดติดกัน ถือเป็นหลักการทำงานขั้นแรก(Primary motions) ของการทอผ้า การทำงานทั้งสามประการนี้จะกระทำตามลำดับและอย่างต่อเนื่องกัน เรียกอีกอย่างว่า “วัฏจักรการทอ” เมื่อครบ 1 วัฏจักร จะได้ผ้าทอหนึ่งเส้นพุ่ง เครื่องทอทุกชนิดต้องทำงานตามหลักการนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารเฉพาะในส่วนที่จำเป็นและเกี่ยวข้องดังนี้

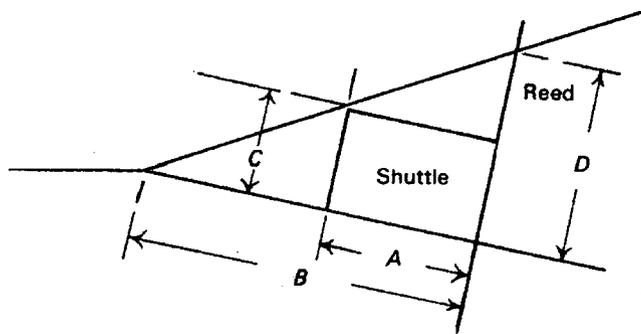
2.2.1 การแยกเส้นด้ายยืน

2.2.1.1 กลไกเปิดช่องด้ายยืน

เส้นด้ายยืนเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของตะกอล การเคลื่อนที่ของตะกอลบนเครื่องทอผ้าอุตสาหกรรมขนาดปกติทั่วไป ใช้การควบคุมผ่านทางอุปกรณ์ควบคุมตะกอลที่มีด้วยกันหลายชนิด แตกต่างกันไปตามลักษณะของผ้าที่ทอ คือ แบบลูกเบี้ยว(Cam system) แบบข้อเหวี่ยง (Crank system) แบบด็อบบี้(Dobby systems) และแบบแจ็กการ์ด ซึ่งแต่ละแบบมีข้อดี ข้อจำกัด เป็นลักษณะเฉพาะ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและรูปแบบกลไก พบว่า ไม่มีระบบกลไกเปิดช่องด้ายยืนแบบใดของเครื่องทออุตสาหกรรม เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นกลไกเปิดช่องด้ายยืนเครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็ก เนื่องจากระบบถ่ายทอดกำลังหรือการเคลื่อนไหวของกลไกมีความซับซ้อนมากเกินไป งานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ใช้ระบบลมอัด(Pneumatic system)ทำให้ตะกอลเคลื่อนที่ เนื่องจากมีชิ้นส่วนประกอบในระบบน้อย สำหรับรูปแบบในการเคลื่อนที่ที่กำหนด และควบคุมด้วยระบบ PLC (Programmable Logic Control)

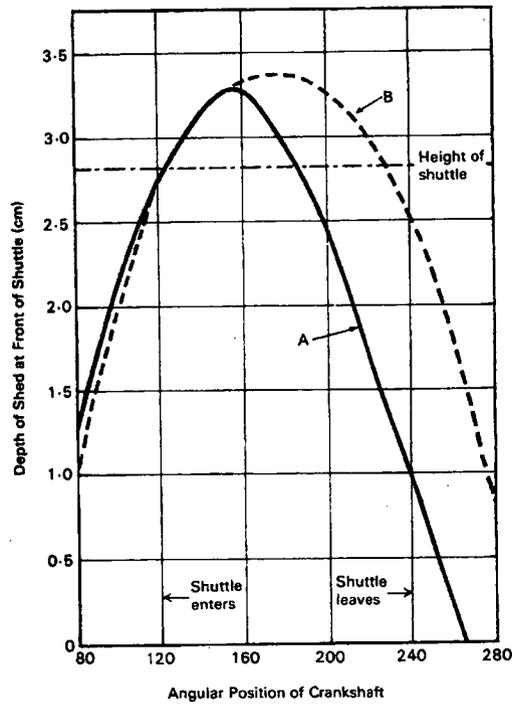
2.2.1.2 ขนาดช่องด้ายยืน

ขนาดของช่องด้ายยืนจะถูกกำหนดด้วยขนาดภาคตัดขวางของตัวนำด้ายพุ่ง (Weft Carriers) โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสูงที่ริมด้านหน้าของตัวนำหรือระยะ C ในภาพที่ 2-2 (ในรูปแบบใช้กระสวยเป็นตัวนำด้ายพุ่ง) กำหนดระยะ A คือความกว้างของกระสวย ระยะ B คือระยะจากตำแหน่งหน้าผ้า (fell) ถึงส่วนหน้าของฟันหวี (Reed) และระยะ D คือความสูงของฟันหวีหรือความสูงของช่องด้ายยืนในระหว่างที่ตัวนำเส้นด้ายพุ่งเคลื่อนที่ผ่าน จะเห็นว่า ระยะ B และ D แปรผันไปตามระยะทางการเคลื่อนที่ของฟันหวี นอกจากนี้ระยะ D ยังขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนที่ของตะกอกอีกด้วย ยกเว้นในช่วงหยุดนิ่งหรือช่วงพัก (dwell)



ภาพที่ 2-2 ลักษณะเรขาคณิตของช่องด้ายยืน (R. Marks, A.T.C. Robinson. 1976)

มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้โดย นำเอาระยะความสูงของช่องด้ายยืนที่ด้านหน้าของตัวนำสัมพันธ์กับมุมบนเพลลาข้อเหวี่ยงก็จะได้ส่วนโค้งดังภาพที่ 2-3 โดยมีส่วนโค้ง B เป็นส่วนโค้งที่ตะกอกปิดที่ ศูนย์องศาของมุมบนเพลลาข้อเหวี่ยง หากสมมุติให้กระสวยเริ่มเข้าไปในช่องด้ายยืนที่ 110 องศาและออกที่ 240 องศา ระยะความสูงของเส้นด้ายยืนที่ด้านหน้าของกระสวย เมื่อเริ่มเข้าหรือออกจากช่องด้ายยืนก็จะเป็นดังตารางที่ 2-1



ภาพที่ 2-3 ความสัมพันธ์ของช่องด้ายยืนที่ผนังด้านหน้ากระสวย

(R. Marks, A.T.C. Robinson. 1976)

ตารางที่ 2-1 ความสูงของช่องด้ายยืนที่ด้านหน้ากระสวย

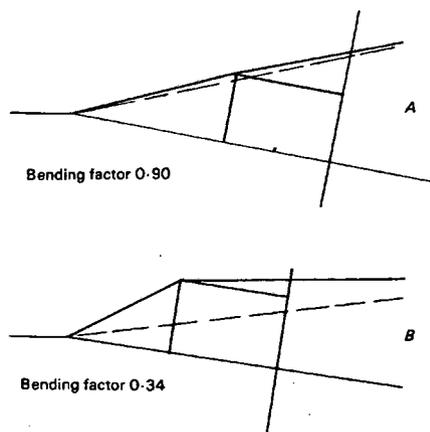
	ความสูงของ Shed (ซม.)	
	Entering	Leaving
เส้นโค้ง A : ตะกอบิดที่ 270 องศา	2.44	0.94
เส้นโค้ง B : ตะกอบิดที่ 0 องศา	2.36	2.54

ถ้าทำให้ความสูงของช่องด้ายยืนที่ด้านหน้ากระสวย อยู่ในรูปเศษส่วนกับความสูงที่ด้านหน้าของกระสวย จะได้ค่าออกมาค่าหนึ่ง(ไม่มีหน่วย)เรียกว่า "bending factor" หรือ "interference factor, e" ซึ่งจะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่า กระสวยจะทำให้เส้นด้ายยืนเสียหายหรือไม่ ถ้าค่านี้น้อยกว่า 1.0 กระสวยกระทบด้ายยืน ถ้าเราให้ความสูงของกระสวยที่ด้านหน้าเป็น 2.8 cm ก็จะได้ค่า bending factor ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2.2 ค่า Bending factor

	Bending factor	
	เข้า	ออก
เส้นโค้ง A : ตะกอบปิดที่ 270 องศา	0.87	0.34
เส้นโค้ง B : ตะกอบปิดที่ 0 องศา	0.84	0.90

ภาพที่ 2-4 แสดงผลกระทบจากค่า bending factor ต่อการส่งเส้นด้ายพุ่ง โดยเส้นประ แสดงความสูงของเส้นด้ายยืนในสภาวะจริง และเส้นทึบแทนลักษณะเส้นด้ายยืนเมื่อตัวนำ เคลื่อนที่ผ่าน จะเห็นว่า ตัวนำเส้นด้ายจะเสียดสีหรือชนกับเส้นด้ายยืนเมื่อค่า e น้อย ดังนั้น เนื่องจากเครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กที่สร้าง ให้ระบบลมในการยกตะกอบ ซึ่งสามารถกำหนด ช่วงเวลาในการ Dwell ของตะกอบได้อิสระ และขนาดหน้ากว้างผ้าไม่มาก งานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ ค่า e ของระบบมีค่ามากกว่า 1 เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว



ภาพที่ 2-4 ผลกระทบจากค่า Bending factor (R. Marks, A.T.C. Robinson. 1976)

2.2.2 การส่งเส้นด้ายพุ่ง

การทำให้เส้นด้ายพุ่งเข้าไปในช่องว่างระหว่างแผ่นเส้นด้ายยืนชุดบนและล่างเพื่อให้ขัดกับเส้นด้ายยืนนั้น ต้องมีตัวนำ(Carrier)หรือตัวกลาง(Mean)ในนำพาเส้นด้ายพุ่งเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะโดยการบรรทุกกลุ่มด้าย หรือการหนีบจับ หรือการลากจูง ก็ตาม ดังนั้น เพื่อความง่ายต่อการเข้าใจ จึง

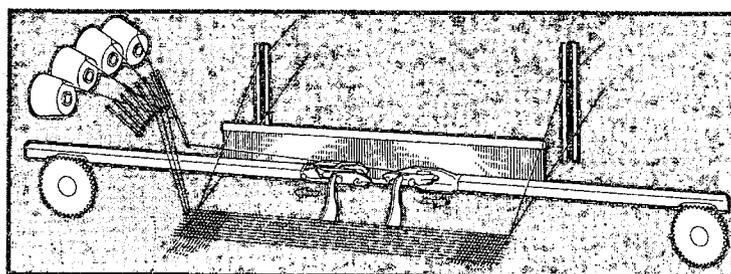
มักเรียกวิธีการทำให้ตัวนำเหล่านี้มีพลังงานในการนำเส้นด้ายพุ่งว่า "Picking system" ซึ่งมีรายละเอียดในวิธีการ กลไก ที่ใช้ต่างกันออกไปตามชนิดของตัวนำที่ใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะระบบการส่งเส้นด้ายพุ่งด้วยก้านส่ง(rapier) ดังนี้

2.2.2.1 การส่งด้ายพุ่งด้วยก้านส่ง (Rapier)

การส่งเส้นด้ายพุ่งแบบนี้ เป็นการใช้ก้านเหล็ก หรือ ใช้แขน (arm) ในการนำด้ายพุ่งข้ามหน้าผ้าหรือส่งด้ายพุ่งกันที่กลางหน้าผ้า ลักษณะการนำเส้นด้ายพุ่งส่งเข้าในช่องด้ายยืนมีทั้งแบบหนีบปลายด้ายพุ่งและแบบรูตแบบปวง(free end & loop) ถ้าเป็นแขนนำด้ายพุ่งแบบแข็ง(rigid) ที่ใช้ในเครื่องทอผ้าหน้าแคบ(Narrow looms) และเครื่องทอพรอม (Capet looms) จะเรียกว่า needles โดยจะมีรูปร่างโค้งงอเมื่ออยู่บนเครื่องทอแบบแรกและเหยียดตรงเมื่ออยู่บนเครื่องทอพรอม แต่เมื่อแขนนำด้ายพุ่งแบบแข็ง อยู่บนเครื่องทอแบบอื่น ๆ จะเรียกว่า Rapier ส่วนแบบก้านเหล็กบาง ๆ โค้งงอได้(flexible) จะเรียกว่า tape

ก) ลักษณะของก้านส่งแบบแข็ง

ลักษณะเป็นก้านโลหะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางราว 10-15 mm. หรือบางครั้งอาจมีภาคตัดขวางเป็นวงรี หรือสี่เหลี่ยมก็ได้ ตรงปลายยึดไว้ด้วยหัว Rapier ทำหน้าที่เกี่ยวและจับเส้นด้าย ดังแสดงในภาพที่ 2-5 ข้อเสียของเครื่องทอแบบนี้คือ ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องจักรมาก (อย่างน้อยที่สุดราว 2 เท่าของความกว้างผ้าที่ผลิตได้) เนื่องจากสาย rapier จะต้องออกมาจาก shed ก่อนการกระทบหน้าผ้าจะเกิดขึ้นข้อดีคือ ไม่จำเป็นต้องใช้ guide ใน shed เนื่องจากการมีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ของสาย rapier เมื่อเข้าและออกจาก shed สูง โดยอาศัยเพียงแต่ให้ส่วนหัว rapier เคลื่อนที่ไปบนแผ่นด้ายยืนด้านล่างใน shed คล้ายกับการเคลื่อนที่ของกระสวยในเครื่องทอกระสวย



ภาพที่ 2-5 ลักษณะของ double rigid rapiers

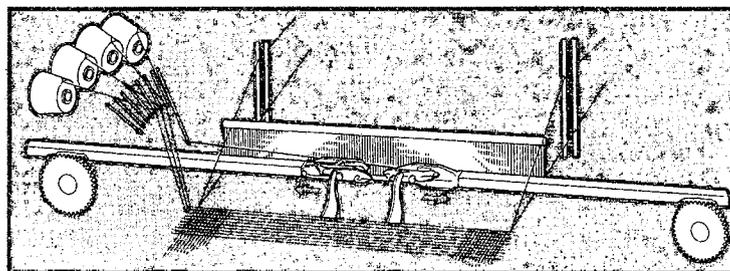
มักเรียกวินิจฉัยการทำให้ตัวนำเหล่านี้มีพลังงานในการนำเส้นด้ายพุ่งว่า "Picking system" ซึ่งมีรายละเอียดในวิธีการ กลไก ที่ใช้ต่างกันออกไปตามชนิดของตัวนำที่ใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะระบบการส่งเส้นด้ายพุ่งด้วยก้านส่ง(rapier) ดังนี้

2.2.2.1 การส่งด้ายพุ่งด้วยก้านส่ง (Rapier)

การส่งเส้นด้ายพุ่งแบบนี้ เป็นการใช้ก้านเหล็ก หรือ ใช้แขน (arm) ในการนำด้ายพุ่งข้ามหน้าผ้าหรือส่งด้ายพุ่งกันที่กลางหน้าผ้า ลักษณะการนำเส้นด้ายพุ่งส่งเข้าในช่องด้ายยืนมีทั้งแบบหนีบปลายด้ายพุ่งและแบบรูตแบบปวง(free end & loop) ถ้าเป็นแขนนำด้ายพุ่งแบบแข็ง(rigid) ที่ใช้ในเครื่องทอผ้าหน้าแคบ(Narrow looms) และเครื่องทอพรอม (Capet looms) จะเรียกว่า needles โดยจะมีรูปร่างโค้งงอเมื่ออยู่บนเครื่องทอแบบแรกและเหยียดตรงเมื่ออยู่บนเครื่องทอพรอม แต่เมื่อแขนนำด้ายพุ่งแบบแข็ง อยู่บนเครื่องทอแบบอื่น ๆ จะเรียกว่า Rapier ส่วนแบบก้านเหล็กบาง ๆ โค้งงอได้(flexible) จะเรียกว่า tape

ก) ลักษณะของก้านส่งแบบแข็ง

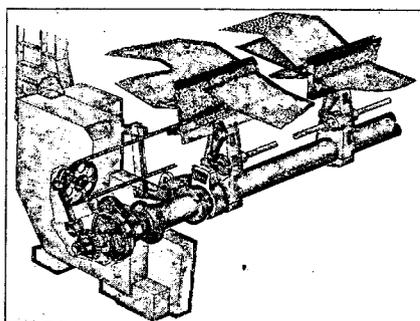
ลักษณะเป็นก้านโลหะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางราว 10-15 mm. หรือบางครั้งอาจมีภาคตัดขวางเป็นวงรี หรือสี่เหลี่ยมก็ได้ ตรงปลายยึดไว้ด้วยหัว Rapier ทำหน้าที่เกี่ยวและจับเส้นด้าย ดังแสดงในภาพที่ 2-5 ข้อเสียของเครื่องทอแบบนี้คือ ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องจักรมาก (อย่างน้อยที่สุดราว 2 เท่าของความกว้างผ้าที่ผลิตได้) เนื่องจากสาย rapier จะต้องออกมาจาก shed ก่อนการกระทบหน้าผ้าจะเกิดขึ้นข้อดีคือ ไม่จำเป็นต้องใช้ guide ใน shed เนื่องจากการมีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ของสาย rapier เมื่อเข้าและออกจาก shed สูง โดยอาศัยเพียงแต่ให้ส่วนหัว rapier เคลื่อนที่ไปบนแผ่นด้ายยืนด้านล่างใน shed คล้ายกับการเคลื่อนที่ของกระสวยในเครื่องทอกระสวย



ภาพที่ 2-5 ลักษณะของ double rigid rapiers

ข) ลักษณะก้านส่งแบบโค้งงอได้(Flexible Rapier)

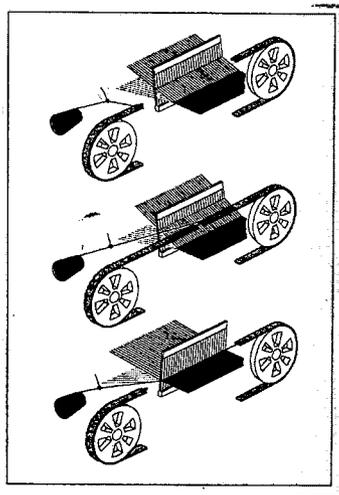
ก้านหรือสาย Rapier แบบนี้ จะทำด้วยโลหะหรือโลหะพวกพลาสติกที่อ่อนตัวได้ เมื่อยังไม่ได้ใช้งานจะเก็บไว้ในช่องโค้ง ดังแสดงในภาพที่ 2-6 ทำให้ประหยัดเนื้อที่(ความกว้างของเครื่องน้อยลง)ในการติดตั้งเครื่องจักร ทำให้สามารถทอผ้าได้กว้างถึง 5 เมตร ข้อเสียคือ ต้องมีการใช้ตัวช่วยนำ(guide) เข้าช่วยรักษาเสถียรภาพในขณะที่ rapier เคลื่อนที่เข้าและออกจาก shed



ภาพที่ 2-6 ลักษณะของ Flexible rapier

การส่งเส้นด้ายพุ่งด้วยก้านส่งไม่ว่าจะเป็นชนิดแข็งหรือชนิดโค้งงอได้ มีทั้งแบบก้านเดี่ยว (Single rapier) และแบบก้านคู่(Double rapiers) โดยแบบก้านเดี่ยวมีชุดทำงานของเรเปียร์จะติดอยู่ด้านข้างของเครื่องทอเพียงด้านเดียว มีก้านส่ง เพียงตัวเดียว ทำหน้าที่พาเส้นพุ่งสอดใส่เข้าไปในช่องตะกอล ทำให้มีความเร็วรอบของเครื่องทอ ๆ กับเครื่องทอกระสวย ส่วนใหญ่จะเป็นแบบก้านแข็งและใช้งานในการทอผ้าหน้ากว้างมาก ๆ เช่น ทอพรม เป็นหลัก

ถ้าเป็นแบบก้านส่งสายคู่(Double or divided rapiers) ชุดเรเปียร์จะติดอยู่ด้านข้างของเครื่องทอทั้ง 2 ด้าน มีทั้งแบบ Rigid (ภาพที่ 2-5) และ Flexible rapier (ภาพที่ 2-7) เป็นการใช้ rapier สองตัว ทำให้ประหยัดเวลาในการทำงานของ rapier ลงได้อีกเท่าตัว โดย rapier ตัวที่ 1 จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งด้ายพุ่ง(Giver) โดยพาด้ายพุ่งจากริมผ้าเข้าไปสู่กลางหน้าผ้า พร้อมกับนั้น rapier ที่อยู่อีกด้านก็จะพุ่งมารับเส้นด้ายพุ่งจากกลางหน้าผ้า(taker)และถอยกลับไปยังริมผ้าทั้งสองด้านพร้อมกัน จึงสามารถเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องให้สูงขึ้นได้มากกว่าแบบ single rapier นอกจากนี้ยังมีเครื่องทอ rapier แบบ Double rapier ที่ส่งด้ายพุ่งจากทั้งสองด้าน โดย rapier แต่ละด้านจะทำหน้าที่ทั้ง giver และ taker สลับกัน



ภาพที่ 2-7 ลักษณะของ Double Flexible rapiers

เครื่องทอ Rapier แบบ double rapier อาจมีปัญหาในช่วงการรับและส่งด้ายพุ่ง สาเหตุเพราะ rapier ทั้งคู่ต่างพุ่งมาด้วยความเร็ว ทำให้หัว rapier อาจจะสั่นหรือกระโดดขึ้น ส่งผลให้การส่งและรับเส้นด้ายพุ่งไม่แน่นอน หัว rapier อาจจะชนกันทำให้ชำรุดเสียหายได้ แต่ปัจจุบันได้มีการแก้ไขแล้ว โดยการทำอุปกรณ์สำหรับกดล็อกหัวเรเปียร์ทั้งคู่ให้หนึ่งและได้ระดับพอดีกันในขณะที่รับและส่งเส้นพุ่งกลางหน้าผ้า

ตำแหน่งของกลไกส่งตัวนำของระบบส่งเส้นด้ายพุ่งแบบก้านส่งนิยมใช้ระบบกลไกอยู่คงที่ โดยกลไกทั้งหมดที่ใช้ในการ picking จะยึดติดแน่นในตำแหน่งคงที่กับโครงสร้างเครื่องจักร ดังนั้นในขณะที่ทำการสอดด้ายพุ่ง ฟันหวีจะต้องอยู่ในตำแหน่ง Dwell เมื่อฟันหวีเริ่มเคลื่อนที่ถอยหลัง ตะกอลจะเริ่มเปิดพร้อมกับที่ rapier เริ่มเคลื่อนที่พาเส้นด้ายจากกริมด้านหนึ่งมาสู่อีกด้านหนึ่ง และต้องถอยกลับเข้าของจนสุดก่อนที่ฟันหวีกระทบหน้าผ้า ข้อควรสังเกตุคือ หากตั้งจังหวะการทำงานของ rapier ไม่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของฟันหวี จะทำให้ส่วนหัวของ rapier พุ่งชนฟันหวีหรือฟันหวีกระทบกับหัว rapier ทำให้ฟันหวีและหัว rapier ชำรุด เครื่องทอที่ใช้ระบบนี้ เมื่อเครื่องทอทำงานไปนานๆ ท่อเก็บสายเรเปียร์อุดตันสกปรก หรือเกิดการชำรุดสึกหรอของอุปกรณ์ จะทำให้จังหวะการทำงานคลาดเคลื่อน ก่อให้เกิดความเสียหายได้ง่าย จึงไม่นิยมใช้ระบบนี้กับเครื่องทอ rapier รุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบัน เพราะเปลืองหัวเรเปียร์และฟันหวีมาก

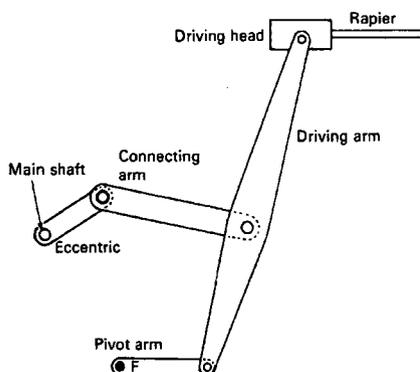
เพื่อแก้ไขข้อด้อยของการติดตั้งตำแหน่งกลไกส่งก้านส่งแบบอยู่กับที่ จึงมีการพัฒนาให้ชุดกลไกส่งก้านส่ง เคลื่อนไหวไปมาพร้อมกับชุดฟันหวี ทำให้ฟันหวีไม่ต้องอยู่ในตำแหน่ง Dwell ขณะทำการสอดด้ายพุ่ง ดังนั้นจังหวะการเคลื่อนที่ของ rapier จะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของ Sley โดยตรง เมื่อเกิดการติดขัดเช่น rapier เข้าไม่สุดของ จะเกิดการเสียหายไม่มากและแก้ไขได้ง่าย ข้อเสียคือต้องใช้แรงขับเคลื่อนชุด Slay มาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและเกิดการสึกหรอมาก ระบบนี้เรียกอีกชื่อว่า Compound Slay

ลักษณะการนำด้ายพุ่งเข้าไปใน Shed ของเครื่องทอ rapier แบ่งออกเป็นสองแบบ คือแบบ Dewas เป็นแบบที่เครื่องทอ Rapier ส่วนใหญ่นิยมใช้กัน ทั้งแบบมีสายเป็นแบบ Rigid หรือ Flexible ไม่ว่าจะมียานวนแบบ Single หรือ Double ลักษณะที่สำคัญของระบบก็คือ ให้หัว rapier จับปลายด้ายพุ่ง แล้วลากหรือนำด้ายพุ่งเข้าไปใน shed ในลักษณะเส้นตรง

การนำด้ายพุ่งอีกแบบคือแบบ Gabler แบบนี้หัว rapier จะนำด้ายพุ่งสอดในลักษณะของ loop ด้ายพุ่งจะรูดไปกับหัว rapier แทนการหนีบจับ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบย่อย ๆ คือแบบ Single pick กับแบบ Double pick แบบแรก ด้ายพุ่งอยู่ในลักษณะห่วงเพียงครั้งเดียวยาวด้ายพุ่งทั้งหมด หลังจากนั้นด้ายจะถูกตัด ส่วนแบบที่สองด้ายพุ่งจะถูกส่งรูปห่วงเต็มความกว้างผ้า ทำให้มีด้ายพุ่ง 2 เส้นอยู่ใน Shed ในแต่ละ pick(Double pick)

วิธีการทำให้ก้านส่ง เคลื่อนที่เข้าและออกจาก shed ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้งานในหลายรูปแบบ ได้แก่ ระบบ Crank & balance motion ระบบ Cam ระบบ Sprocketระบบ Rack & Pinion ระบบ Planetary straight-line motion และระบบ Slipper block straight-line motion เป็นต้น เนื่องจากต้องการให้เครื่องทอผ้าตัวอย่างมีขนาดเล็ก ชิ้นส่วนกลไกไม่ซับซ้อน ผู้วิจัยเลือกทำการศึกษาเฉพาะ ระบบ Crank & balance motion ดังนี้

ระบบ Crank & balance motion บางครั้งจะเรียกว่า Direct drive from eccentric และส่วนใหญ่จะใช้กับเครื่องทอแบบ single rigid rapier หลักการทำงานเป็นดังภาพที่ 2-8 โดยการเคลื่อนที่ของ rapier จะรับมาจากแขนขับ(driving arm) ที่มีปลายอีกด้านเป็นจุดหมุนติดกับโครงเครื่อง ตัว driving arm ได้รับการเคลื่อนไหวมาจากชุดข้อต่อที่เชื่อมอยู่กับแขนข้อเหวี่ยง(crank) หรือวงกลมเยื้องศูนย์กลาง(eccentric)ที่ติดอยู่บน main shaft



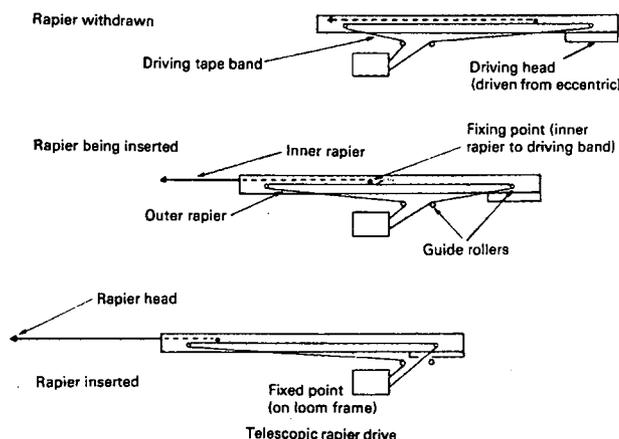
ภาพที่ 2-8 หลักการระบบขับเคลื่อนก้านส่งแบบ Crank and Balance motion

(R. Marks, A.T.C. Robinson. 1976)

หากเป็นเครื่องทอแบบ Single rigid ที่มีหน้ากว้างไม่มากนัก กลไกทั้งหมดจะเคลื่อนที่อยู่ในแนวนอน หากเป็นแบบ double rigid กลไกจะอยู่ในแนวตั้ง กลไกขับเคลื่อน rapier แบบนี้กินพื้นที่ในการทำงานมาก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเอาหลักการแบบ telescopic เข้ามาทำงานประกอบกลายเป็นลักษณะตามภาพที่ 2-9 ใช้กับเครื่องทอชื่อ Versamat แบบนี้ส่วนเปลือกนอกของ rapier จะถูกขับเคลื่อนด้วยระบบ eccentric (ไม่ได้แสดงไว้ในรูป) เมื่อ driving head กระทำต่อเปลือกนอก ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เข้าไปใน shed พร้อมกับที่เปลือกนอก rapier เคลื่อนที่นั้น ตัว rapier ตัวในที่มีส่วนโคนยึดติดบนสาย tape ถึงตำแหน่งกึ่งกลางเครื่องส่วนปลายของ rapier ตัวในก็จะเคลื่อนที่ถึงฝั่งตรงข้ามเครื่องเช่นกัน

การใช้ Eccentric เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน rapier มีปัญหาเกิดขึ้นสองประการ ประการแรกคือ มีมวลของชิ้นส่วนกลไกที่เคลื่อนไหวสูงมาก ทำให้เกิดการเสียหายและสึกหรอที่บริเวณจุดหมุนเกิดขึ้นบ่อยครั้ง แต่ในส่วนนี้สามารถแก้ไขได้ยาก ประการที่สองคือ การเคลื่อนไหวของ eccentric หรือ crank เป็นการเคลื่อนไหวแบบ simple harmonic ทำให้มีผลต่ออัตราความเร็วด้ายพุ่ง (weft velocity) คือ มีความเร็วสูงสุดเป็น $\pi/2$ เท่าของความเร็วเฉลี่ย ยิ่งไปกว่านั้นก็คือ การเคลื่อนที่ของ rapier จำเป็นต้องมีการหยุดในจังหวะการรับ-ส่งด้ายพุ่งที่กึ่งกลาง shed พร้อมทั้งต้องอยู่นอกกริมผ้านาน ซึ่งการเคลื่อนที่แบบ simple harmonic ไม่เหมาะกับการเคลื่อนที่แบบนี้ของ rapier อย่างไรก็ตาม จากการที่ rapier เคลื่อนที่เมื่อ sley กระทบหน้าผ้าและ

คัดเลือกด้ายพุ่งได้แล้ว และจากการที่ rapier ใช้ความกว้าง shed น้อย จึงสามารถที่จะทำให้ rapier เคลื่อนที่เข้าและออกจาก shed ได้เร็วกว่าเครื่องทอกระสวยธรรมดาได้



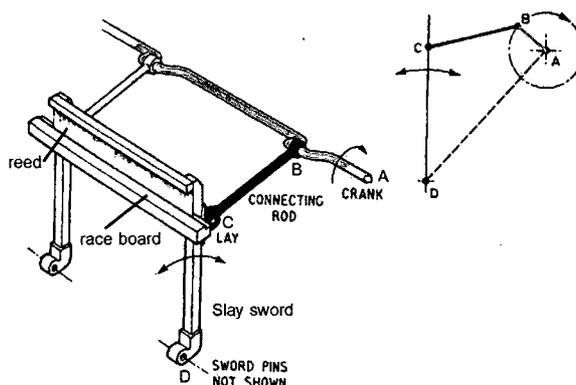
ภาพที่ 2-9 หลักการระบบก้านส่งแบบก้านซึก(Telescopic)

(R. Marks, A.T.C. Robinson. 1976)

งานวิจัยนี้เลือกใช้ระบบการส่งด้ายพุ่งแบบก้านส่งแข็ง ก้านเดี่ยว ส่งเส้นด้ายพุ่งในรูปแบบ Gabler โดยใช้ระบบลมในการทำให้ก้านส่งเคลื่อนที่ ชุดก้านส่งจะติดอยู่กับที่ สำหรับใช้ในการออกแบบเครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กต้นแบบ

2.2.3 การกระทบเส้นพุ่ง

ภายหลังการสอดเส้นด้ายพุ่งผ่านเข้าไปในช่องด้ายยืนด้วยตัวนำด้ายพุ่งเรียบร้อยแล้ว การกระทบหน้าผ้า (Beating-up) เพื่อให้ด้ายพุ่งที่สอดเข้าไปอยู่ตำแหน่งที่ถูกต้องตรงตำแหน่งหน้าผ้า (fell) หรือชิดกับเส้นด้ายพุ่งเส้นก่อนหน้านั้น จะเกิดขึ้นเป็นลำดับต่อมา โดยการเคลื่อนที่มาด้านหน้าอย่างรวดเร็วของชุดกลไกกระทบหน้าผ้าซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนสำคัญคือ ฟันหวี (reed) และรางกระสวย (lay หรือ slay) ดังแสดงในภาพที่ 2-10 แสดงลักษณะของระบบกระทบหน้าผ้าที่ใช้กับเครื่องทอกระสวยโดยทั่วไป



ภาพที่ 2-10 ระบบกระทบหน้าแบบข้อเหวี่ยง(P.R. Lord and M.H. Mohamed, 1976)

ฟันหวี(reed) ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดระยะห่างระหว่างเส้นด้ายในแต่ละเส้นด้ายด้วยแผ่นโลหะที่ไม่เป็นสนิม ระยะห่าง(pith)ระหว่างแผ่นโลหะหรือช่องว่าง ถูกกำหนดด้วยความหนาของแผ่นเหล็กและช่องว่าง(space)ที่ต้องการ ซึ่งมีผลต่อความหนาแน่นของด้ายยืน (warp density) ทำให้มีฟันหวีที่มีระยะห่างของช่องต่างๆ กันมาให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม

การบอกขนาดของฟันหวีหรือการบอกเบอร์ฟันหวี(reed count)แบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ ระบบแรกใช้จำนวนช่อง(dent)ในความยาว 2 นิ้ว เป็นตัวกำหนดขนาด เรียกว่า "Stockport systems" และเป็นระบบที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมทอผ้าฝ้ายและผ้าจากเส้นด้ายใยสั้นอื่น เมื่อรวมกับการทอผ้าแบบลายขัดซึ่งมักนิยมทำการร้อยด้ายยืนแบบ 2 เส้นต่อช่องฟันหวี (2 ends/dent) ดังนั้นเบอร์ฟันหวีในระบบนี้จึงเท่ากับจำนวนเส้นด้ายยืนต่อนิ้วนั่นเอง ตัวอย่างเช่น 72 Stockport reed ก็หมายถึง ฟันหวีที่ 72 dent / 2 inch หรือ 36 dents/ 1 inch หากร้อยด้ายยืน 2 end ต่อนิ้วก็จะได้ 72 end / inch เท่ากับเบอร์ฟันหวี

การเคลื่อนที่เข้าและออกจากตำแหน่งปกติของฟันหวี ได้รับมาจากระบบถ่ายทอดกำลัง การหมุนของชิ้นส่วนเครื่องทอ แบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แบบข้อเหวี่ยงและข้อต่อ(Crank and connecting rod) กับแบบลูกเบี้ยวคู่(Double cam) โดยการใช้ระบบขับเคลื่อนแรกจะทำให้การเคลื่อนที่ของฟันหวีเข้าใกล้รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) มากหรือน้อยตามอัตราส่วนระหว่าง ความยาวข้อเหวี่ยงกับความยาวของแขนต่อ(Slay eccentricity, e)

สำหรับระบบลูกเบียดคู่เป็นการพัฒนาเพื่อให้พื้นหมีมีช่วงเวลาการเคลื่อนที่ตามรูปแบบที่ต้อง เนื่องจากเครื่องทอบางชนิดพื้นหมีต้องอยู่นิ่งในจังหวะการส่งเส้นด้ายพุ่ง

งานวิจัยเครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กนี้เลือกใช้ระบบขับเคลื่อนพื้นหมีด้วยระบบลมอัด เนื่องจากง่ายต่อการควบคุมการทำงานและใช้ชิ้นส่วนน้อย

2.2.4 การคลายด้ายยืน

หน้าที่หลักของระบบคลายด้ายยืนของเครื่องทอผ้าคือ การรักษาความตึงในเส้นด้ายยืนให้คงที่เท่ากันโดยตลอด ทั้งในจังหวะเปิดช่องด้ายยืน(Shed forming) ของเส้นด้ายยืน และในจังหวะกระทบหน้าผ้า เพื่อให้ได้ช่องด้ายยืนที่สมบูรณ์ (Clear Shed or Complete Shed) และให้เส้นด้ายยืนตึงมากพอที่จะรัดด้ายพุ่งได้เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ ทั้งหมดนี้สามารถทำได้ด้วยการควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของเส้นด้ายยืนออกจากม้วนเส้นด้ายยืน

ระบบการคลายเส้นด้ายยืน ได้รับการพัฒนาควบคู่กับเครื่องทอผ้ามาโดยตลอด ตั้งแต่แบบง่าย ทำงานด้วยระบบแรงเสียดทาน(The Friction type) ที่เครื่องทอแบบธรรมดาทั่วไปในสมัยก่อนนิยมใช้กันมาก มีข้อดีตรงที่กลไกการทำงานไม่ยุ่งยาก และราคาถูก แต่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับเครื่องทอแบบอัตโนมัติที่ทำงานได้รวดเร็ว เพราะความตึงของเส้นยืนจะมีการแปรปรวนมากตลอดระยะเวลาของการทอ Shirley Institute จึงพัฒนาระบบควบคุมการคลายโดยอัตโนมัติ(Controlled Negative Automatic Let-off)ขึ้นมาแก้ไขปัญหาดังกล่าว เหตุที่มีชื่อแบบนี้เพราะว่าอัตราการคลายเส้นด้ายยืนจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งลอยตัวของลูกกลิ้งรับเส้นด้ายยืน (backrest) ส่วนม้วนด้ายยืนจะหมุนด้วยแรงดึงจากแผ่นด้ายยืนที่สามารถเอาชนะแรงที่เกิดจากแรงเสียดทาน ทำให้สามารถรักษาความตึงของเส้นด้ายยืนให้คงที่ได้ตั้งแต่ต้นจนจบการทอ ระบบคลายเส้นด้ายยืนที่กล่าวมาจัดเป็นระบบคลายด้ายยืนแบบเนกาทีฟ(Negative Let-off systems)

ต่อมามีการพัฒนาคลายด้ายยืนแบบโพสิทีฟ(Positive Let-off system) โดยให้ม้วนด้ายยืนหมุนในอัตราที่รักษาความยาวระหว่างตำแหน่งหน้าผ้ากับม้วนด้ายยืนให้คงที่ แยกกระบวนการให้ความตึงแก่ด้ายยืนออกจากกลไกขับเคลื่อนม้วนด้ายยืน การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวด้ายยืนระหว่างหน้าผ้ากับม้วนด้ายยืน(free length)นั้น เดิมทีนิยมใช้แบบคานพักเส้นด้ายยืน(backrest)ลอยตัวอิสระ โดยมีเส้นด้ายยืนพาดผ่านด้านบน ถ้ามีแรงกดเกิดขึ้นกับ

ด้ายยืนหรือด้ายยืนหย่อน backrest จะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามแรงที่เกิดขึ้นในเส้นยืน วิธีนี้สามารถใช้ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและการให้ความตึงกับด้ายยืนได้ เครื่องทออัตโนมัติส่วนมากจึงนิยมใช้ระบบการคลายด้ายแบบนี้

นอกจากนี้ยังมีระบบคลายเส้นด้ายยืนอีกหลาย ๆ แบบถูกพัฒนาขึ้น เช่น ระบบการคลายเส้นด้ายยืนของบาร์ทเล็ต(The Bartlett Let-off Motion system) ระบบคลายเส้นด้ายยืนของซอเธอร์(The Saurer Let-off Motion) เป็นต้น

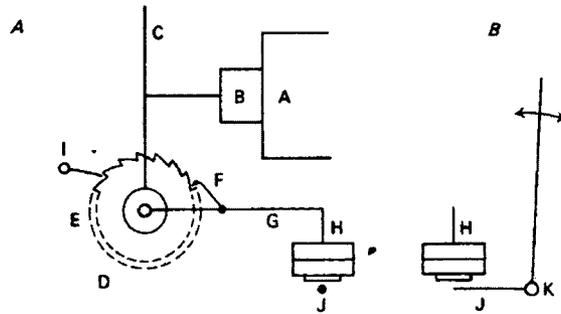
ปัจจุบันเครื่องทอผ้าเกือบทั้งหมด ใช้ระบบคลายเส้นด้ายยืนแบบอิเล็กทรอนิกส์ทำงานร่วมกับระบบประมวลผลด้วยสมองกล(Computer) ให้เลือกใช้งาน โดยใช้มอเตอร์แบบควบคุมความเร็ว(Speed control motor) ที่จะปรับเปลี่ยนความเร็วการหมุนตามคำสั่งที่ได้รับจากสมองกล เป็นต้นกำลังขับม้วนด้ายยืน อัตราการหมุนขึ้นอยู่กับการประมวลผลความตึงในเส้นด้ายยืนผ่านสัญญาณที่ได้รับจากชุดตรวจสอบความตึงเส้นด้ายยืน งานวิจัยนี้เลือกใช้ระบบคลายด้ายยืนแบบใช้มอเตอร์ควบคุมความเร็ว ขับแกนม้วนด้ายยืนโดยตรง โดยให้ทำงานสัมพันธ์กับอัตราการม้วนผ้าในระบบม้วนผ้า ไม่มีชุดตรวจสอบความตึงเส้นด้ายยืน เนื่องจากขนาดช่องด้ายยืนเล็ก และเพื่อลดความซับซ้อนของระบบ

2.2.5 การม้วนผ้า

การม้วนผ้า(Take-up)เป็นการดึงผ้าที่ทอเสร็จแล้วออกจากพื้นที่การทอ(weaving zone) บนเครื่องทอ เพื่อให้การทอสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ แบบเนกะทีฟ(Negative Take-up) กับแบบโพสิทีฟ(Positive Take-up)

2.2.5.1 แบบเนกะทีฟ (Negative Take-up)

หลักการของระบบการม้วนผ้าแบบนี้เป็นดังภาพที่ 2-11 โดยรูป A เป็นรูปด้านหน้า และรูป B เป็นรูปด้านข้าง ในตัวอย่างนี้ผ้าจะม้วนลงบนลูกกลิ้ง A ที่อยู่บนลูกกลิ้งม้วนผ้า B โดยตรงเฟืองหนอน C ที่ติดบนเพลาลูกกลิ้งม้วนผ้า จะถูกขับด้วยเฟืองหนอน D ซึ่งติดอยู่บนเพลาดียวกับเฟืองทางเดียว E เฟือง E จะหมุนเมื่อก้าน F ที่อยู่บนคาน G จะพยายามให้เกิดการม้วนผ้า ก้านช่วยจะป้องกันการหมุนกลับของเฟืองทางเดียว E คาน J ที่อยู่บนเพลาลูกกลิ้ง K จะยกขึ้นและลงตามจังหวะของรางกระสวย(โยกไปมา หน้า-หลัง)



ภาพที่ 2-11 Negative Take-up (R. Marks, A.T.C. Robinson. 1976)

ในภาพที่ 2-11 เมื่อรางกระสวยเคลื่อนที่ไปด้านหลังของเครื่อง จะทำให้คาน J ยก น้ำหนัก H ให้ลอยขึ้นและจะยังคงค้างอยู่อย่างนั้นเมื่อรางกระสวยมาด้านหน้าอีกครั้ง ในจังหวะการกระทบหน้าผ้าน้ำหนักที่ลอยอยู่จะไม่สามารถทำให้เฟืองทางเดียวหมุนได้ เมื่อฟันหวีกระแทกหน้าผาทำให้เกิดระยะขัดกับหน้าผา แรงดึงในผ้าจะลดลง ทำให้น้ำหนักสามารถดึงให้เฟืองทางเดียวหมุนได้ และจะหมุนตามอัตราของความหนาแน่นของเส้นพุ่ง

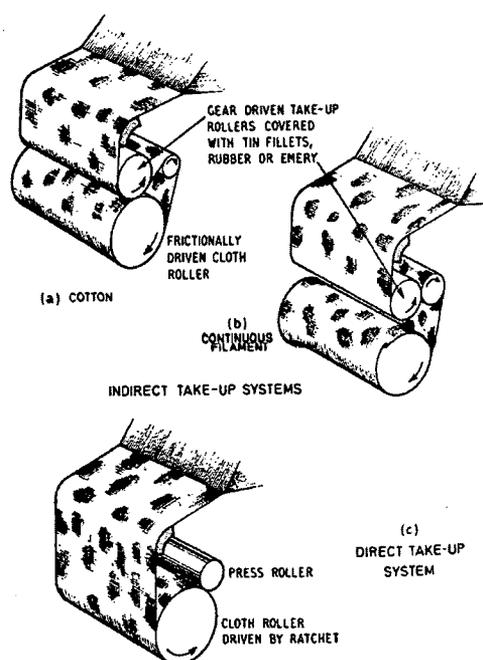
การควบคุมอัตราความหนาแน่นเฉลี่ยจะถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงแรงดึงในเส้นยืน และน้ำหนัก H ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มน้ำหนักให้มากขึ้น อัตราการม้วนผ้าจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย หรือถ้าจะลดความตึงของด้ายยืนลงก็จะได้ผลเช่นเดียวกัน

ถ้าผ้าพันบนลูกกลิ้งขับโดยตรง ดังภาพที่ 2-11 หรือภาพที่ 2-12C เมื่อขนาดของม้วนผ้าโตขึ้น จำเป็นต้องทำให้น้ำหนักมากขึ้นเพื่อเพิ่มแรงที่จะใช้หมุนเฟืองทางเดียว เพื่อหลีกเลี่ยงกรณีนี้จึงมีการให้ผ้า ม้วนลงบนลูกกลิ้งที่แยกต่างหากจากลูกกลิ้งขับ ภาพที่ 2-12A, 2-12B

2.2.5.2 แบบโพสิทีฟ (Positive Take-up)

ระบบการม้วนผ้าแบบโพสิทีฟแบ่งย่อยออกได้เป็นสองแบบคือ แบบดึงผ้าอย่างต่อเนื่อง(Continuous)โดยใช้ระบบเฟืองหนอนขับเฟืองหนอน กับแบบดึงผ้าไม่ต่อเนื่อง(Intermittent)ที่ใช้ก้านดัน(Pawl)และเฟืองทางเดียว(Ratchet wheel)ขับ แต่พื้นฐานของทั้งสองแบบไม่มีอะไรแตกต่างกันมากมาย เพราะทั้งสองแบบ ผ้าจะถูกดึงม้วนไปทางด้านหน้าโดยแรงเสียดทาน

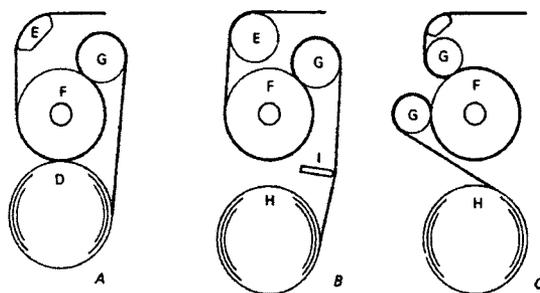
ที่เกิดจากการสัมผัสกันระหว่างลูกกลิ้งดึงผ้า(Take-up roller, F) กับลูกกลิ้งช่วย(Friction roller, G) ที่กระทำกับผ้า ผ้าจะถูกม้วนเก็บบนลูกกลิ้งม้วนผ้า(Cloth roller, H)ที่แยกออกมาต่างหาก ดังภาพที่ 2-12A, 2-12B กรณีอย่างนี้เรียกว่า "Indirect take-up" แต่ถ้าผ้าม้วนบนลูกกลิ้งขับโดยตรงเหมือนกับในระบบ Negative ที่ยกตัวอย่างผ่านมา (ภาพที่ 2-12C) จะเรียกว่า "Direct take-up" ซึ่งในกรณีหลังนี้ อัตราการหมุนของลูกกลิ้งขับจะต้องลดลงในอัตราที่ก้าวหน้าตามขนาดของม้วนผ้าที่โตขึ้น เพื่อรักษาอัตราการม้วนผ้าให้คงที่ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งการม้วนผ้าระบบโพสิทีฟออกเป็น Continuous-indirect กับ Intermittent - indirect และ direct ลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-12 แสดงระบบม้วนผ้าแบบต่าง ๆ (P.R. Lord and M.H. Mohamed, 1976)

เนื่องจากระบบม้วนผ้าแบบโพสิทีฟ เป็นการม้วนผ้าโดยอาศัยแรงเสียดทานที่เกิดจากการสัมผัส ดังนั้นหากมีการลื่นไถลเกิดขึ้นระยะห่างระหว่างเส้นด้ายพุ่ง (Pick-spacing) จะแปรปรวนทันที จึงต้องป้องกันโดยการหุ้มลูกกลิ้งม้วนผ้าด้วยวัสดุ ที่ให้ความเสียดทานสูง เช่น ยาง หรือเหล็ก

ที่ผิวไม่เรียบ นอกจากนี้ยังมีการช่วยให้แรงเสียดมากขึ้นโดยการปรับปรุงการสัมผัสให้มากขึ้นสามแบบดังภาพที่ 2-13A, 2-13B และ 2-13C สำหรับภาพที่ 2-13A เป็นวิธีที่นิยมใช้กับการทอผ้าจากเส้นด้ายใยสั้น โดยตัว Breast beam (E) จะมีหลายลักษณะและมักเป็นแผ่น โลหะที่มีผิวลื่นหรืออาจใช้ลูกกลิ้งไม่หมุนแบบรูป 2-13B ก็ได้ แต่หากเป็นแบบหลังมักจะทำร่องไว้ที่ปลายแต่ละด้านของลูกกลิ้งตรึงริมฟ้า ลักษณะของร่องจะคล้ายกับร่องเกลียวและมีทิศทางตรงข้ามกันเพื่อช่วยป้องกันการยับของผ้า



ภาพที่ 2-13 ระบบการม้วนผ้าเก็บ(R. Marks, A.T.C. Robinson. 1976)

ในภาพที่ 2-13A ,B และ C ที่ F จะเป็นลูกกลิ้งขับ และ G เป็นลูกกลิ้งช่วยหุ้ม สักหลาดที่ให้แรงกดกับลูกกลิ้งม้วนผ้า F ด้วยสปริง ม้วนผ้า D ในภาพที่ 2-13A หมุนโดยแรงเสียดทานที่ผ้าสัมผัสกับลูกกลิ้งม้วนผ้าระบบคานและน้ำหนักหรือคานและสปริงจะช่วยให้มีแรงกดเพื่อให้เกิดแรงเสียดทานที่พอดี และให้ม้วนผ้าขยับลงไปด้านล่างได้เมื่อม้วนผ้ามีขนาดโตขึ้น

ในภาพที่ 2-13B ม้วนผ้า H ถูกขับโดยลูกกลิ้งม้วนผ้าที่ถูกถ่ายกำลังมาด้วยโซ่และซี่เฟือง แล้วใช้ครัช (clutch) เป็นตัวช่วยลดความเร็วลูกกลิ้งม้วนผ้าโตขึ้น ขณะเดียวกันก็จะรักษาแรงดึงในผ้าด้วยเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลื่นไถลและผ้ายับ ระบบนี้ จะใช้ตัวต่อต้านการยับ I ที่เป็นแท่งเหล็กเป็นตัวช่วย ส่วนรูป 2.13C จะคล้ายกับ 2.13B เว้นแต่การหมุนของลูกกลิ้งม้วนผ้าเท่านั้น ที่มีทิศทางตรงข้ามกัน เครื่องขอบางยี่ห้อเช่น Sulzer จะใช้ลูกกลิ้งแทนแผ่นเหล็ก

ระบบการม้วนผ้าปัจจุบันทุกแบบจะใช้ระบบเฟืองเกียร์ ทั้งแบบใช้เฟืองห้าตัว (5-gears train) และแบบใช้เฟืองเจ็ดตัว (7-gears train) ประกอบกันเป็นชุด โดยมีเฟืองเปลี่ยน(Change

Wheel)ทำหน้าที่เป็นตัวแปรในอัตราทดของระบบหรืออัตราการม้วนผ้า การเคลื่อนที่ของม้วนผ้ามีทั้งในรูปของการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง(Continuous) และการเคลื่อนที่เป็นจังหวะ(Intermittent)

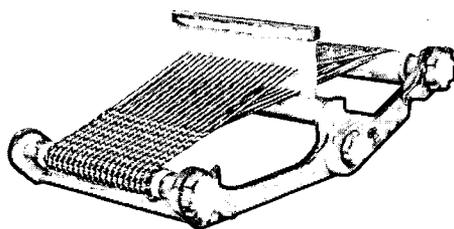
ปัจจุบันเครื่องทอขนาดมาตรฐานส่วนใหญ่ ได้นำเอาความก้าวหน้าในเทคโนโลยีของระบบประมวลผลและไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เข้าประยุกต์ใช้กับระบบม้วนผ้า(take-up) และคลายด้ายยืน(let-off) กลายเป็นระบบม้วนผ้าและคลายด้ายยืนแบบอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Let-off and Electronic Take-up) เนื่องจากมีความผิดพลาดในการทำงานน้อยกว่า ชิ้นส่วนเคลื่อนไหวยังน้อย สามารถควบคุมและปรับตั้งค่าได้ละเอียดตามที่ต้องการอย่างสะดวก โดยนิยมใช้มอเตอร์ที่มีระบบเฟืองทดในตัวขับเคลื่อนด้ายยืนหรือขับเคลื่อนม้วนผ้าโดยตรง ทำงานร่วมกับระบบตรวจสอบ(Detectors)และระบบประมวลผลกลางของเครื่องทอ ผู้วิจัยจึงออกแบบให้เครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กใช้ระบบม้วนผ้าด้วยการใช้มอเตอร์ควบคุมความเร็วขับเคลื่อนม้วนผ้าโดยตรง(Direct take-up) แบบในภาพที่ 2-12C

2.3 เครื่องทอผ้าแบบตั้งบนโต๊ะ(Table looms)

ในต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศแถบยุโรป งานทอผ้าด้วยมือจัดเป็นงานศิลปประเภทหนึ่งที่มีความนิยมกันทั่วไป ทำให้มีผู้ที่ทำงานทอผ้าด้วยมือเชิงศิลปและเชิงพาณิชย์เป็นจำนวนมาก เกิดการพัฒนาเครื่องทอที่รูปลักษณะและขนาดต่าง ๆ ขึ้นอย่างหลากหลาย และทั้งหมดทำงานด้วยแรงจากมนุษย์ พอจะแบ่งเป็น 4 กลุ่มพอสังเขปดังนี้

1. Rigid heddle looms

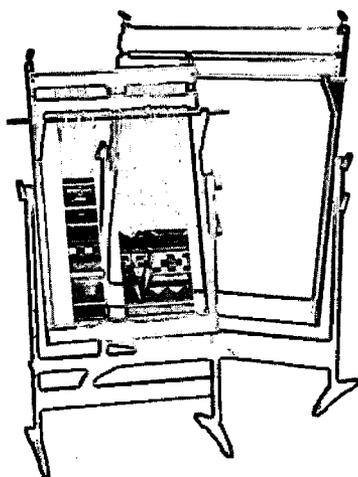
เป็นเครื่องทอแบบลวดตะกอกทำหน้าที่เป็นพื้นหวีไปด้วยในตัว มีช่องสลักให้สลักตำแหน่งเส้นด้ายยืนที่พื้นหวี ทอได้แต่โครงสร้างลายขัด ตัวอย่างเครื่องทอแบบนี้เป็นดังภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 Rigid heddle loom (www.ashford.co.nz, 2014)

2. Tapestry looms

เครื่องทอแบบนี้จะวางเส้นด้ายยืนอยู่ในแนวตั้ง โครงหรือกรอบทำจากไม้ พลาสติกหรือโลหะน้ำหนักเบา มีร่องหรือหมุดที่ขอบของกรอบด้านบนและด้านล่างเพื่อใช้ขึงเส้นด้ายยืน การเพิ่มจำนวนชุดเส้นด้ายยืนที่เคลื่อนที่ได้อิสระ สามารถทำได้ด้วยการเพิ่มไม้ยกเส้นด้ายยืน ที่ใช้เชือกคล้องเอาไว้เป็นชุด ๆ ทำให้ทอผ้าได้ทั้งทั้งโครงสร้างง่าย ๆ จนถึงโครงสร้างซับซ้อน ขณะทำงานอาจวางกรอบไม้กับพื้นหรือบนโต๊ะก็ได้ ลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2-15

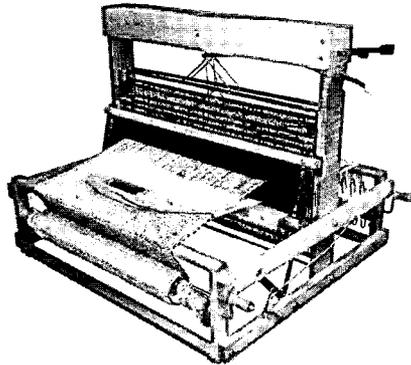


ภาพที่ 2-15 Tapestry loom (www.ashford.co.nz, 2014)

3. Table looms

เครื่องทอแบบตั้งโต๊ะเป็นเครื่องทอที่มีตะกอล ขนาดเล็กพอจะวางบนโต๊ะทำงานหรือโต๊ะเครื่องมือทั่วไปได้ สามารถควบคุมตะกอลแต่ละตะกอลได้อิสระ สามารถยกตะกอลสลับกันหรือพร้อมกันได้ มีให้เลือกใช้ตั้งแต่ 2-16 ตะกอล แต่เครื่องจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามปริมาณตะกอล ตัวเครื่องมีระบบม้วนด้ายยืนที่มีตัวหยุดการหมุนเพื่อรักษาความตึงเส้นด้ายยืนติดตั้งที่ด้านหลังเครื่อง มีระบบม้วนผ้าทำงานร่วมกับเฟืองกันกลับ(เฟืองทางเดียว)ที่ด้านหน้า เส้นด้ายจะออกจากม้วนด้ายยืนผ่านลวดตะกอล ฟันหวี และผ้าทอแล้วพันบนระบบม้วนผ้าเหมือนเครื่องทอขนาดใหญ่ทั่วไป ที่แตกต่างคือระบบต่าง ๆ ของเครื่องทอแบบตั้งโต๊ะมักทำงานด้วยมือคนทอ และมีขนาดเล็ก บางที่มี

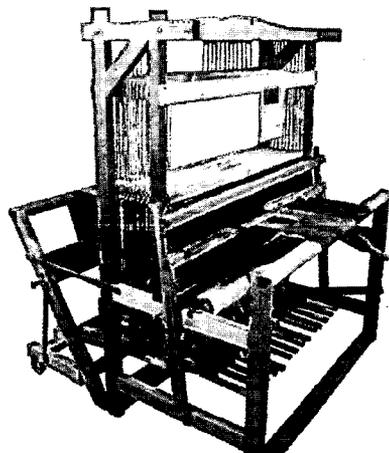
การออกแบบให้เครื่องทอพับได้ เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ภาพที่ 2-16 เป็นภาพตัวอย่าง ลักษณะเครื่องทอแบบตั้งโต๊ะบางแบบที่มีจำหน่าย



ภาพที่ 2-16 แสดงลักษณะเครื่องทอแบบตั้งโต๊ะบางแบบ (www.ashford.co.nz, 2014)

4. Floor looms

เครื่องทอตั้งพื้นคือเครื่องทอตั้งโต๊ะที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจนตั้งบนโต๊ะไม่ได้ ต้องตั้งบนพื้นแทน และมีระบบแป้นเหยียบเพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตะกอ ลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2-17 ถ้าเครื่องทอชนิดนี้มักใช้มากของแบบส่งเส้นสายพุ่งชดใช้การกดตะกอให้ตัวทอเคลื่อนที่แทนการส่งด้วยมือ นอกจากนี้จะมีระบบต่าง ๆ เหมือนกับเครื่องทอตั้งโต๊ะทุกประการ



ภาพที่ 2-17 แสดงลักษณะเครื่องทอแบบตั้งพื้นบางแบบ

(<http://www.woolery.com/store/pc/Leclerc-Looms-c45.htm>, 2014)

งานวิจัยนี้เลือกใช้ลักษณะเครื่องทอผ้าแบบตั้งโต๊ะในภาพที่ 2-16 เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องทอผ้าขนาดเล็กสำหรับงานทอผ้าตัวอย่างต้นแบบ

2.4 ระบบลมอัด (Pneumatic system)¹

นิวแมติกส์มาจากคำศัพท์ภาษากรีกว่า “Pneuma” หมายถึงหายใจหรือลม แต่ในปัจจุบันหมายถึง การนำลมอัดไปใช้กับเครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการนำมาใช้ขับเคลื่อนและควบคุมอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่ใช้ลมเป็นต้นกำเนิดกำลังในการทำงาน

อากาศที่นำมาใช้ในระบบนิวแมติกส์ประกอบด้วย ไนโตรเจน (nitrogen) ประมาณ 78 % โดยปริมาตร ออกซิเจน ประมาณ 21 % โดยปริมาตร และส่วนประกอบอื่น ๆ ดังนี้ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon-dioxide) อาร์กอน (argon) ไฮโดรเจน (hydrogen) นีออน (neon) ฮีเลียม (helium) คริปตัน (krypton) และส่วนประกอบของไอน้ำ อากาศประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ มีอะตอมเชื่อมโยงกันเป็นคู่ ๆ คล้ายลูกบอล อากาศ 1 cm³ ประกอบด้วย 27 x 10¹⁸ อนุภาค

ในปัจจุบันระบบนิวแมติกส์ได้แพร่หลายในอุตสาหกรรมอย่างมาก เนื่องจากระบบที่ใช้อุปกรณ์นิวแมติกส์นั้นง่ายต่อการใช้งานและซ่อมบำรุง รวมทั้งมีราคาไม่แพงและยังนิยมนำมาใช้ในเครื่องจักรอัตโนมัติและเครื่องจักรกลทันสมัยมากมาย เนื่องจากมีข้อดังนี้

1. ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากการระเบิดหรือติดไฟ อุปกรณ์ราคาไม่แพง
2. รวดเร็ว ลูกสูบมีความเร็วในการทำงาน 1 ถึง 2 m/s ถ้าเป็นลูกสูบแบบพิเศษสามารถให้ความเร็วในการทำงานได้ถึง 10 m/s
3. การส่งถ่ายง่าย สามารถเดินท่อลมอัดในระยะทางไกลได้ และลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับ สามารถปล่อยทิ้งออกสู่อากาศได้เลย (เป็นระบบเปิด)
4. การเตรียมและเก็บรักษาได้ง่าย สามารถอัดเก็บไว้ในถังลม เพื่อนำไปใช้งานได้ต่อเนื่อง
5. ความปลอดภัย อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบลมอัดจะไม่เกิดการเสียหายจากงานที่เกินกำลัง
6. ควบคุมอัตราความเร็วได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมอัด

¹ ระบบอากาศอัด. 2557. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก;

[http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial\(PDF\)](http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF))

7. การควบคุมความดัน ความดันของลมอัดที่ต้องการสามารถควบคุมได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมความดัน
8. สะอาด ลมอัดมีความสะอาดทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้สะอาดหมดจด
9. โครงสร้างง่ายต่อการใช้งานและดูแล

สำหรับข้อเสียของระบบลมอัดคือ

1. ลมอัดสามารถอัดตัวได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ไม่สม่ำเสมอ
2. ลมอัดมีความชื้น เมื่อเย็นตัวจะเกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำในถังเก็บลมและท่อลม
3. ลมอัดต้องการเนื้อที่มาก เมื่อต้องการใช้แรงมากต้องใช้กระบอกสูบที่ขนาดใหญ่
4. ลมอัดมีเสียงดัง เมื่อมีการระบายลมออกจากอุปกรณ์ทำงาน จำเป็นต้องใช้ตัวเก็บเสียง (Silencer)
5. ความดันของลมอัดเปลี่ยนแปลงได้ โดยความดันของลมอัดจะเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

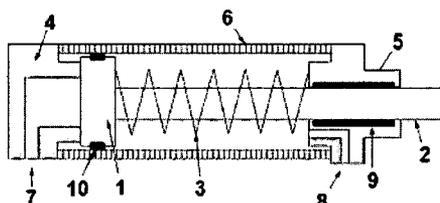
2.4.1 อุปกรณ์พื้นฐานในระบบลมอัด

ระบบนิวแมติกส์ หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัดเป็นต้นกำลังในการทำงานและถูกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยวาล์วควบคุมทิศทางของลมอัดที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ทำงาน วิธีการควบคุมวาล์วควบคุมทิศทางสามารถเลือกใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น ลมอัด ไฟฟ้า แรงเชิงกล(กลไกและมนุษย์) อุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ลมอัดเป็นต้นกำลังนั้น มีการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม อุปกรณ์ที่ให้การเคลื่อนที่เชิงเส้นได้แก่

1. กระบอกสูบทางเดียว(Single-acting cylinder) เป็นอุปกรณ์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวงและมีก้านสูบที่เคลื่อนที่ไปมาตามแกนกลาง ที่ปลายก้านสูบมีซีลกันลมรั่วและมีสปริงอยู่ระหว่างก้านสูบกับกระบอกสูบดังแสดงในภาพที่ 2-18 และมีส่วนประกอบต่างๆ ดังแสดงในภาพ ระยะการเคลื่อนที่ของก้านสูบมีค่าคงที่ขึ้นกับความยาวของกระบอกสูบ การสั่งงานให้ก้านสูบเคลื่อนที่ได้เพียงทิศทางเดียว ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกสูบในทิศทางด้านกับแรง

กระทำของสปริง เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่และเมื่อหยุดจ่ายลมอัดให้กระบอกสูบ ก้านสูบจะเคลื่อนที่กลับมามีตำแหน่งปกติด้วยแรงกระทำจากสปริง

กระบอกสูบแบบทางเดียวมีให้เลือก 2 ลักษณะ คือ แบบปกติเข้า หรือแบบปกติออก ซึ่งการเข้าหรือออกขึ้นอยู่กับตำแหน่งสปริงภายใน ดังแสดงในภาพที่ 2-19



หมายเลข	รายละเอียด
1	ลูกสูบ (piston)
2	ก้านสูบ (piston rod)
3	สปริงคืนกลับ Return spring
4	ฝาครอบท้าย (base end cover)
5	ฝาครอบหัว (head end cover)
6	กระบอกสูบ (cylinder tube)
7	รูต่อลม (pressure connector)
8	บุรุษก้านสูบ (bush and sealing element)
9,10	ซีลลูกสูบ (piston seal)

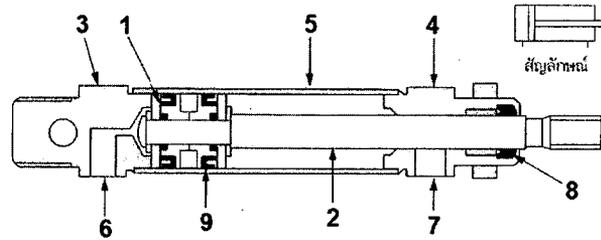
ภาพที่ 2-18 ชื่อและส่วนประกอบภายในลูกสูบทางเดียว



ภาพที่ 2-19 แสดงสัญลักษณ์ของกระบอกสูบทางเดียวแบบปกติเข้าและปกติออก

2. กระบอกสูบสองทาง(double acting cylinder) กระบอกสูบชนิดนี้จะมีลักษณะการทำงานและรูปลักษณะภายนอกเช่นเดียวกับกระบอกสูบทางเดียว แตกต่างเฉพาะภายใน สามารถทำงานได้ทั้งสองทิศทาง ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกที่หัวหรือที่ท้ายกระบอกสูบจะทำให้ก้าน

สูบเคลื่อนที่เข้าหรือออก เมื่อจ่ายลมอัดเข้าที่ท้ายกระบอสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกและเกิดการระบายลมที่ค้างในกระบอสูบออกทางด้านหัวกระบอสูบ เมื่อไม่มีลมอัดจ่ายให้กระบอสูบ ก้านสูบจะหยุดค้างอยู่ ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่เคลื่อนที่ และสามารถใช้มือดึงก้านสูบได้เคลื่อนไปมาได้โดยอิสระแสดงส่วนประกอบภายในกระบอสูบสองและชื่อส่วนประกอบภายในกระบอสูบทางดังภาพที่ 2-20



หมายเลข	รายละเอียด
1	ลูกสูบ (piston)
2	ก้านสูบ (piston rod)
3	ฝาครอบท้าย (base end cover)
4	ฝาครอบหัว (head end cover)
5	กระบอสูบ (cylinder tube)
6	รูต่อลมด้านลูกสูบ (pressure connector, base side)
7	รูต่อลมด้านก้านสูบ (pressure connector, head side)
8	ซีลก้านสูบ (bush and sealing element)
9	ซีลลูกสูบ (piston seal)

ภาพที่ 2-20 ชื่อและส่วนประกอบภายในลูกสูบแบบสองทาง

นอกจากกระบอสูบในลักษณะทรงกระบอกรวมดาแล้ว ยังมีกระบอสูบชนิดพิเศษที่มีก้านสูบยาวทะลุกระบอสูบทั้ง 2 ด้านและเคลื่อนที่เข้าออกสลับด้านกันเสมอ กระบอสูบแบบช่วงชักหลายตำแหน่ง (Multi-Position cylinder) เป็นการนำกระบอสูบสองตัวต่อกันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ 4 ตำแหน่ง และกระบอสูบโรตารี (Rotary Actuator) กระบอสูบชนิดนี้เมื่อจ่ายลมอัดเข้าภายใน ก้านสูบจะเกิดการหมุนไปมาได้แต่ไม่สามารถหมุนรอบตัวมากกว่า 360 องศาได้ สามารถควบคุมการหมุนได้ทั้งสองทิศทาง คือ ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ในการเลือกใช้งานสามารถกำหนดมุมในการกวาดด้วยการปรับตั้งสลักที่ฐานหมุน

งานวิจัยนี้เลือกใช้กระบอกลมอัดแบบสองทางในการทำงานของระบบเปิดช่องเส้นด้ายยืน ระบบส่งเส้นด้ายพุ่ง และระบบกระทบเส้นด้ายพุ่งทั้งหมด เนื่องจากมีชิ้นส่วนประกอบน้อย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับในประเทศไทย การทอผ้าตัวอย่างนิยมใช้เครื่องทอที่มีอยู่แล้วทำการทอผ้าตัวอย่าง ดังนั้นจึงไม่ปรากฏงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องทอผ้าตัวอย่าง จนกระทั่ง สราทิตย์ พุทธิชัยยงค์ และ กฤษฎา จบกลศึก ได้เริ่มต้นพัฒนาเครื่องทอผ้าตัวอย่างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2530 ด้วยทุนส่วนตัว และ ประสบผลสำเร็จในปี พ.ศ. 2533 สามารถทอลดลายได้ 16 ตะกอ หน้ากว้างผ้า 6 นิ้ว และปี พ.ศ. 2534 ได้มีโรงงานทอผ้า 2 แห่ง นำไปใช้งาน ต่อมาในปี พ.ศ. 2535 พัฒนาระบบการเปิด ตะกอให้มีสมรรถนะการทำงานดีขึ้น และได้มีโรงงานทอผ้านำไปทดลองใช้อีก 1 แห่ง และได้นำ ระบบการเปิดตะกอแบบใหม่ไปเปลี่ยนให้กับโรงงาน 2 แห่งแรก ปี พ.ศ. 2536 - 2537 เป็นช่วง ของการพัฒนากระบวนการม้วนผ้าและการคลายเส้นด้ายยืนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และมีโรงงาน นำเครื่องไปใช้เพิ่มเติมรวม 6 เครื่อง ปี พ.ศ. 2538 - 2539 พัฒนาระบบการส่งเส้นด้ายพุ่งด้วย กลไกรูปแบบใหม่ และขยายความกว้างหน้าผ้าจากเดิม 6 นิ้ว เป็น 10 นิ้ว และมีโรงงาน อุตสาหกรรมนำเครื่องไปใช้เพิ่มเติมรวมเป็น 10 เครื่อง และมีบริษัทจากต่างประเทศมาขอซื้อ ความคิดเพื่อนำไปผลิตขายในตลาดโลก แต่ได้ตอบปฏิเสธไป ปี พ.ศ. 2540 - 2541 พัฒนา ระบบการเปิดตะกอแบบด็อบบี้ (Dobby shedding) จากเดิม 16 ตะกอ เป็น 24 ตะกอ และมี บริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้า ได้นำไปใช้งานเพิ่มเติมรวมทั้งหมด 20 เครื่อง ราคาเครื่อง ทอผ้าตัวอย่างนี้ประมาณเครื่องละ 400,000 บาท²

จากการค้นคว้าพบว่านอกจากงานของ สราทิตย์ พุทธิชัยยงค์ และ กฤษฎา จบกลศึก แล้ว ปัจจุบันยังไม่มีโครงการหรืองานวิจัยใด ๆ เกี่ยวกับเครื่องทอผ้าตัวอย่างปรากฏในประเทศไทย เฉพาะอย่างยิ่งเครื่องทอผ้าขนาดเล็กแบบตั้งโต๊ะ (table looms) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะ ออกแบบและสร้างเครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กต้นแบบขึ้น โดยใช้ระบบลมเป็นต้นกำลังในการ ทำงานให้กับระบบการเปิดช่องเส้นด้ายยืน ระบบการส่งเส้นด้ายพุ่ง และระบบการกระทบหน้าผ้า

² <http://www.ismed.or.th/SME2/src/bin>

ระบบม้วนผ้าและคลายเส้นด้ายยืนทำงานด้วยมอเตอร์ขับโดยตรง กำหนดให้ควบคุมการทำงานให้สอดคล้องต่อเนื่องกันด้วย Programmable Logic Control(PLC) เนื่องจากน่าจะทำให้เครื่องทอมีชิ้นส่วนประกอบน้อยชิ้น ทำงานง่าย และราคาไม่สูงมาก เพื่อจะได้เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนางานทอผ้าของวิสาหกิจอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม(SMEs) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตผ้าทอของชุมชนทอผ้า หรือกลุ่มทอผ้าต่าง ๆ ที่กระจายกันอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ ที่ไม่มีความจำเป็นต้องทำผ้าตัวอย่างมาก นัก เพราะเครื่องทอผ้าตัวอย่างของสาธิตย์ พุทธชัยยงค์ และ กฤษฏา จบกมลศึก เป็นเครื่องทอขนาดกลาง ที่เหมาะกับโรงงานทอผ้าที่ต้องมีการออกแบบลายผ้า และทอผ้าตัวอย่างใหม่ อย่างสม่ำเสมอ